



ANÁLISE DE PADRÕES DE EXPANSÃO GEOGRÁFICA EM AVES NO BRASIL: LIDANDO COM O VIÉS AMOSTRAL HISTÓRICO

ANÁLISIS DE PATRONES DE EXPANSIÓN GEOGRÁFICA EN AVES EN BRASIL: ABORDANDO EL SESGO DE MUESTREO HISTÓRICO

Odilon Vieira; Setor de Ornitologia, Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro

INTRODUÇÃO

Há uma grande variedade de métodos disponíveis para a análise de processos de expansão geográfica (ou, de forma geral, mudanças de distribuição), cada um adequado a descrever aspectos específicos desse processo, como direção, magnitude e correlações. Entretanto, a distinção entre aumentos reais de distribuição [expansão geográfica *sensu* Frey (2009)] e artefatos amostrais [extensão geográfica *sensu* Frey (2009)] é algo comumente não considerado nesses métodos, o que tem especial impacto quando se lida com dados históricos (Tingley & Beissinger 2009). Uma possível solução para esse problema consiste na utilização da Modelagem de Ocupação Dinâmica (MOD), que leva em consideração possíveis influências na detecção e nos padrões de ocupação (colonização/extinção) das espécies ao longo do tempo (Mackenzie *et al.* 2017). O presente trabalho tem como objetivo identificar padrões de expansão geográfica em aves no Brasil, levando em consideração o esforço amostral irregular ao longo do tempo.

METODOLOGIA

Os dados apresentados neste trabalho são um recorte da dissertação de mestrado do presente autor (Fonseca 2024), que analisou 160 espécies de aves no Brasil, e identificou padrões significativos de expansão geográfica para 107 delas. Primeiramente, procurou-se por artigos que reportam novos registros de espécies ou tratam especificamente sobre expansão geográfica em aves no Brasil. Para isso, foram utilizadas palavras-chave padronizadas em portais de busca online (Google Scholar e Periódicos Capes). De 939 trabalhos analisados, em 198 foram encontradas menções a expansões geográficas (e ou colonizações recentes) em



aves no Brasil, onde 281 espécies são citadas. Para demonstrar a metodologia e discutir os resultados, neste trabalho foram selecionadas 4 das espécies citadas na literatura. Duas dessas espécies são associadas a ambientes abertos, incluindo áreas antrópicas, e já tiveram seus processos de expansão documentados em outros trabalhos, porém sem análises estatísticas: lavadeira-mascarada *Fluvicola nengeta* (Linnaeus, 1766) e arapaçu-do-cerrado *Lepidocolaptes angustirostris* (Vieillot, 1818). As outras duas espécies são geralmente associadas a ambientes naturais preservados, e alguns poucos trabalhos supõem eventos de colonizações recentes para elas com base em novos registros, porém sem análises estatísticas: beija-flor-de-barriga-branca *Chrysuronia leucogaster* (Gmelin, 1788) e araponga *Procnias nudicollis* (Vieillot, 1817). Registros de ocorrência dessas espécies foram obtidos online (e.g. GBIF, VertNet, eBird e WikiAves), e em dados digitalizados da coleção ornitológica do Museu Nacional/UFRJ.

Foi elaborado um banco de dados de esforço amostral para Aves no Brasil entre 1980 e 2021, extraiendo informações de datas de amostragens presentes em Paynter & Traylor (1991) e em registros de todas as espécies analisadas em Fonseca (2024). Utilizou-se esse banco de dados de visitas para simular um desenho amostral que fosse adequado à aplicação da MOD em larga escala. Dessa forma, o desenho amostral idealizado consiste em 14 períodos de três anos (amostragem primária), com três visitas anuais em cada período (repetições; amostragem secundária), entre 1980 e 2021. Como unidades amostrais, foram utilizadas 139 mesorregiões brasileiras do IBGE. A cada amostragem secundária, em cada unidade amostral, o histórico de detecção da espécie é contabilizado (com registro = 1; sem registro = 0), bem como o histórico de visitas/amostragens (com amostragem = 1; sem amostragem = 0).

Foram utilizados dados climáticos e de uso do solo como covariáveis para as probabilidades de ocupação estimadas pelo modelo (ocupação no período inicial, colonização e extinção). Para cada unidade amostral, em cada amostragem primária, foi calculado a média de precipitação e temperatura anual [derivadas de Harris et al. (2020)], e da área de vegetação natural aberta ou de ambientes



antrópicos [derivadas de Vale *et al.* (2021)]. Para a probabilidade de detecção estimada pelo modelo, foram incluídas covariáveis como: número de visitas por ano em cada unidade amostral; área amostral estimada (área de 10 Km de raio ao redor das coordenadas de visitas); número total de unidades amostrais visitadas em cada amostragem secundária; área da unidade amostral; a proporção de registros de museu/literatura (contribuição de registros tradicionais) ou de registros de observação (contribuição de registros modernos). A detecção varia entre as amostragens secundárias, e as covariáveis foram adaptadas para seguir essa variação temporal. Um segundo modelo foi elaborado para as espécies, nos mesmos moldes do anterior, porém este assume que a detectabilidade é constante ao longo do tempo. Para avaliação dos modelos, seguiu-se Mackenzie *et al.* (2017) e Mackenzie & Bailey (2004), onde os melhores modelos são aqueles com: menor valor para o Critério de Informação de Akaike (AIC); ajuste correto, evidenciado pelo teste chi-quadrado de Pearson (χ^2) quando $p \geq 0,05$; e com baixa sobredispersão, quando o índice \hat{c} for próximo de 1.

Para identificar tendências de aumento de ocupação nas espécies, i.e. expansão geográfica, a partir dos dois modelos foram calculadas trajetórias médias de ocupação, que estimam a proporção de unidades amostrais ocupadas pela espécie ao longo dos períodos. Com as estimativas obtidas com o modelo principal, aplicou-se a extensão do teste de Mann-Kendall (S) apresentada por Nikolakopoulos *et al.* (2023), a qual permite a inclusão de um parâmetro d que indica a incerteza presente nos dados. Aqui esse parâmetro recebe a média dos intervalos de confiança obtidos para a trajetória de ocupação das espécies. Tendências positivas na ocupação foram identificadas quando Mann-Kendall: $p < 0,05$ e $S \neq 0$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

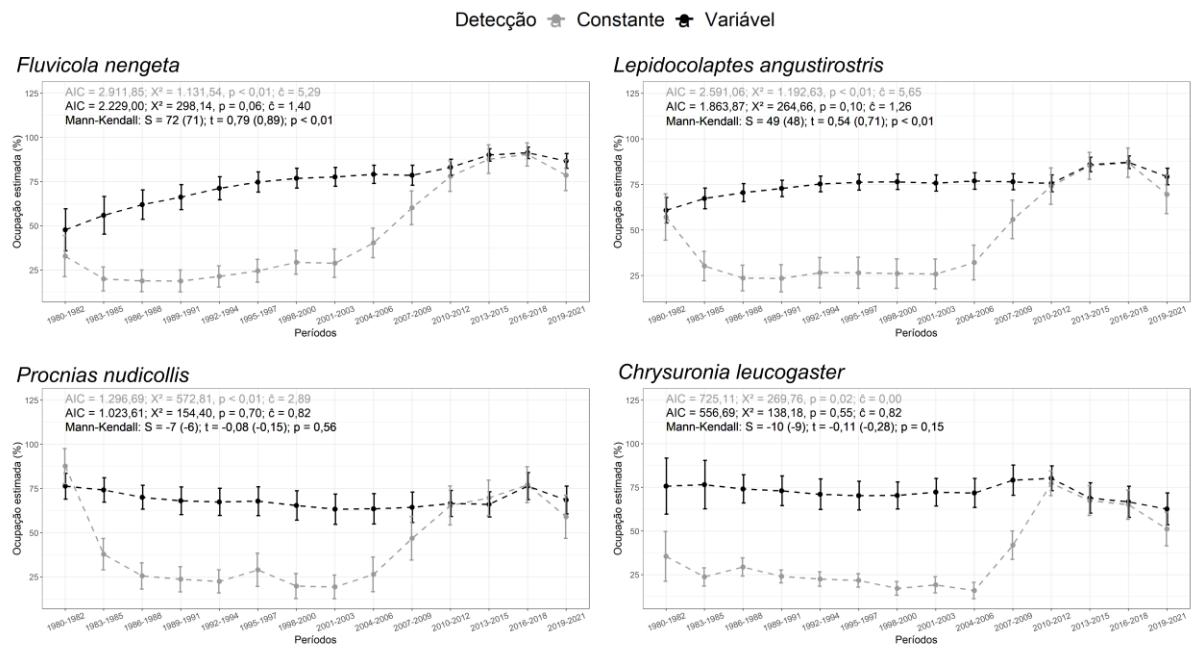
Para ambas as espécies analisadas, os modelos secundários performaram pior do que os modelos principais (AIC maior e $\chi^2 p < 0,05$), apresentando variações abruptas na ocupação. Por considerar covariáveis na detecção, o modelo principal lida melhor com a irregularidade de registros ao longo do tempo, apresentando tendências graduais de ocupação.



III Congresso Iberoamericano de Biogeografia - III CIB
I Conferência Brasileira de Biogeografia e Mudanças Climáticas - I CBB
XIII Congresso Espanhol de Biogeografia - XIII CEB

Os resultados obtidos para *F. nengeta* e *L. angustirostris* corroboram a hipótese de que elas estão em processo de expansão geográfica no Brasil (Mann-Kendall: $p < 0,05$ e $S > 0$; Figura 1). Já para as espécies mais associadas a ambientes preservados, *P. nudicollis* e *C. leucogaster*, colonizações recentes em grande escala parecem não ocorrer (Mann-Kendall: $p > 0,05$ e $S < 0$; Figura 1).

Figura 1: Trajetórias de ocupação de *Fluvicola nengeta*, *Lepidocolaptes angustirostris*, *Procnias nudicollis* e *Chrysuronia leucogaster*, obtidas a partir do modelo principal (linha preta) e do secundário (linha cinza), e as estatísticas obtidas com os testes de avaliação dos modelos, seguindo as respectivas cores.



Fonte: (O autor, 2024)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A MOD se mostrou uma análise eficaz para lidar com vieses nos registros históricos ao longo do tempo, possibilitando discernir padrões reais de expansão geográfica de simples artefatos amostrais. Este é o primeiro trabalho a aplicar esse tipo de modelagem para identificar padrões de expansão geográfica em larga escala no Brasil. Recomenda-se que estudos futuros sobre mudanças de distribuição considerem os vieses presentes nos dados analisados, dando assim mais sustentação às hipóteses, especialmente para espécies nativas.



Palavras-Chave: modelagem de ocupação dinâmica; mudanças de distribuição de espécies; mudanças antrópicas; probabilidade de detecção.

REFERÊNCIAS

- FONSECA, O.V. Expansões geográficas em aves no Brasil entre 1940 e 2021: explorando padrões e revelando tendências. 345 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Zoologia) — Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.
- FREY, J.K. Distinguishing range expansions from previously undocumented populations using background data from museum records. *Diversity and Distributions*, 15 (2), 183–187. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00552.x>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- HARRIS, I., OSBORN, T.J., JONES, P. & LISTER, D. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. *Scientific Data*, 7 (1), 109. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- MACKENZIE, D.I. & BAILEY, L.L. Assessing the Fit of Site-Occupancy Models. *Journal of Agricultural Biological and Environmental Statistics*, 9 (3), 300–318. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1198/108571104X3361>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- MACKENZIE, D.I., NICHOLS, J.D., ROYLE, J.A., POLLOCK, K.H., BAILEY, L.L. & HINES, J.E. *Occupancy Estimation and Modeling. Inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Londres: Academic Press, 2017.
- NIKOLAKOPOULOS, S., CATOR, E. & JANSSEN, M.P. Extending the Mann-Kendall test to allow for measurement uncertainty. *Statistics*, 57 (3), 577 –596. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02331888.2023.2214942>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- PAYNTER, R.A. & TRAYLOR, M.A. *Ornithological Gazeteer of Brazil*. Cambridge, Massachusetts: Museum of Comparative Zoology, 1991.
- TINGLEY, M.W. & BEISSINGER, S.R. Detecting range shifts from historical species occurrences: new perspectives on old data. *Trends in Ecology & Evolution*, 24 (11), 625–633. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.05.009>. Acesso em: 30 jun. 2024.
- VALE, M.M., LIMA-RIBEIRO, M.S. & ROCHA, T.C. Global land-use and land-cover data for ecologists: Historical, current, and future scenarios. *Biodiversity Informatics*, 16 (1), 28–38. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.17161/bi.v16i1.15483>. Acesso em: 30 jun. 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-graduação em Zoologia do Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, pelo apoio e auxílios concedidos ao longo do meu projeto de mestrado. Agradeço ao



III Congresso Iberoamericano de Biogeografia - III CIB
I Conferência Brasileira de Biogeografia e Mudanças Climáticas - I CBB
XIII Congresso Espanhol de Biogeografia - XIII CEB

CNPq pela bolsa de mestrado (Nº processo: 130596/2022-1). E agradeço aos meus orientadores, Marcos A. Raposo e Carlos Eduardo de Viveiros Grelle, e aos meus colegas do Museu Nacional, pelo suporte.